

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Marko Vrkić



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

LORENTZEN & WETTRE UREĐAJ ZA TESTIRANJE SAVIJANJA

Mentor:

Doc. Dr. Sc. Dubravko Banić

Student:

Marko Vrkić

Zagreb, 2015

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

SAŽETAK

Cilj ovog završnog rada je opisati uređaj Lorentzen & Wettre za mjerenje momenta savijanja i dati prijedlog modela održavanja uređaja. U teoretskom dijelu rada opisati će se teorije održavanja uređaja i opisati funkcije zadanog uređaja Lorentzen & Wettre: njegov tehnički opis, instalacija, opis pravilnog rukovanja odnosno primjenu, opis testova koje takav uređaj može obavljati. Opisat će se testovi otpornost na savijanje, krutost te otpornost na žljebljenje. Za svaki primjer testa bit će opisane detaljne upute za vođenje svakog testa pojedinačno. U praktičnom dijelu završnog rada biti će prijedlog načina održavanja uređaja i pomoću jednog primjera mjerenja provjeriti će se ispravnost stroja i funkcionalnost uputa za rukovanje i održavanje.

Ključne riječi:

Lorentzen & Wettre

Savijanje

Krutost

Žljebljenje

Smjer vlaknaca

ABSTRACT

The aim of this final paper is to describe the device Lorentzen & Wettre to measure bending moment and make proposals to the maintenance model of the device. In the theoretical part of the paper will describe the theory of maintaining equipment and describe the function of the default device Lorentzen & Wettre: its technical description, installation, description of proper handling and application, a description of the tests that such a device can perform. It will be describe the tests resistance of bending, stiffness and resistance to creasability. For each example, the test will be described detailed instructions for conducting each test individually. In the practical part of the dissertation will be a proposal of maintenance device and using an example measurement to verify the accuracy of the machine and the functionality of the operating and maintenance.

Keywords:

Lorentzen & Wettre

Resistance

Stiffness

Creasability

Direction fibers

SADRŽAJ

1. Teorijski dio.....	1
1.1. Održavanje strojeva.....	1
1.1.1. Podjela održavanja ovisno o veličini poduzeća.....	1
1.1.2. Podjela održavanja prema izvoru financijskih sredstava.....	3
1.1.3. Podjela održavanja prema vremenu popravka.....	4
1.2. Lorentzen & Wettre uređaj za savijanje.....	5
1.2.1. Općenito o uređaju.....	5
1.2.2. Tehnički opis.....	6
1.2.3. Instalacija uređaja.....	10
1.2.4. Postavke.....	13
1.2.5. Pokretanje testa.....	18
1.2.6. Pregled i održavanje.....	23
1.2.7. Stavljanje rola papira.....	27
2. Eksperimentalni dio.....	29
2.1. Uvjeti za testiranje.....	30
2.2. Korišteni uzorci.....	31
2.3. Mjerenja.....	32
3. Zaključak.....	37
4. Literatura.....	38

1. TEORIJSKI DIO

1.1. ODRŽAVANJE STROJEVA

Pod pojam održavanja podrazumijevaju se svi procesi kojima se stanje radnih sustava održava na proizvodnoj razini.

Disciplina koja se bavi organizacijom održavanja radnih sredstava, od zamišljanja i izrade sredstava i njihove uporabe sve do konačnog proizvoda zove se terotehnologija.

Isplativost održavanja ovisi o troškovima zastoja i troškovima održavanja.

Troškovi zastoja ovise o količini zastoja, ako ih ima više i ako su duži trošak je veći. Troškovi održavanja ovise o količini održavanja odnosno koliko često se vrši provjera i održavanje, što je ono veće veći su i troškovi.

Dakle, isplativo održavanje je takvo održavanje u kojima su troškovi održavanja i zastoja što niži, ali ako je premalo održavanje uzrokuju se česti zastoji u proizvodnji i time se automatski povećava i trošak zastoja. S druge strane prevelik trošak održavanje također nije dobar radi nepotrebnog trošenja novčanog resursa. [1]

1.1.1. Podjela održavanja ovisno o veličini poduzeća

Da ne bi došlo do nepotrebnih troškova postoje službe za održavanje koje mogu, ovisno o veličini poduzeća, vrsti strojeva i stupnju automatizacije te kvalifikacijskoj strukturi radnika, biti organizirane kao:

- Centralno održavanje
- Pojedinačno održavanje
- Kombinirano održavanje
- Kooperativno održavanje

Centralno održavanje je takav organizacijski oblik službe održavanja kod kojeg se u poduzeću nalazi samo jedna radna jedinica službe održavanja. U ovoj radnoj jedinici koncentrirani su svi stručnjaci pa je vrijeme rješavanja kvarova vrlo brzo i kvalitetno. Radna sredstva za otklanjanje kvarova su dobro iskorištena i dobro je upravljanje zalihama doknadnih dijelova, ali zbog loše povezanosti s proizvodnim odjeljenjima i slabog praćenja sredstava za rad, centralno održavanje slabo reagira na iznenadne kvarove što uzrokuje nepotrebne zastoje u proizvodnji.

Pojedinačno održavanje je takav organizacijski oblik službe održavanja kod kojega svako proizvodno odjeljenje ima svoju jedinicu održavanja. Praćenje stanja sredstava za rad je odlično, kao i reagiranje na iznenadne kvarove, ali ovakve jedinice održavanja zbog nedostatka dovoljnog broja stručnjaka nisu u stanju riješiti sve kvarove, pa je potrebno angažirati vanjske stručnjake. Ovo pak poskupljuje održavanje i ukupnu proizvodnju.

Kombinirano održavanje ujedinjuje prednosti centralnog i pojedinačnog održavanja. Proizvodna odjeljenja imaju svoje radionice održavanja s minimalnim brojem zaposlenika koji vrlo brzo reagiraju na iznenadne kvarove i koji dobro poznaju stanje strojeva, njihovih sklopova i dijelova. Oni se istovremeno brinu o svojoj strojnoj dokumentaciji. U slučaju nastanka kvarova koji oni nisu u stanju riješiti ili kad se radi o velikom opsegu poslova održavanja pozivaju se stručnjaci iz centralnog održavanja ili se stroj ili uređaj odnosi u radionice centralnog održavanja.

Kooperativno održavanje takav je oblik službe održavanja u kojemu se održavanje radnih sredstava povjerava specijaliziranim radnim organizacijama i to u potpunosti ili djelomično. Ovakvom organiziranju održavanja pristupa se uvijek kad:

- u radnoj organizaciji nema potrebnih kadrova,
- kad je poduzeće premalo za organiziranje službe održavanja,

- kad je niža cijena vanjskih suradnika,
- kad je veća učinkovitost održavanja i slično.

Svako poduzeće nastoji poslovati sa što manjim zastoјima u proizvodnji i sa što nižim troškovima. Zato održavanje mora biti kvalitetno, a u isto vrijeme i isplativo odnosno ekonomično. Samo ako su zadovoljeni ti parametri poduzeće može biti konkurentno na tržištu.

Ekonomičnost i kvaliteta održavanja ovise o izboru metoda održavanja koja se temelje na pet načela:

- Načelo „čekaj pa vidi“; kvar se popravља kad je do njega već došlo.
- Načelo „oportunističkog održavanja“; nakon što se dogode početni kvarovi uvode se periodični pregledi pojedinih dijelova“
- Načelo „preventivnog održavanja“; načelo koje ima redovne preglede i popravke prema kalendaru i ima cilj sprječavanje nastanka kvara.
- Načelo „predskazivnog održavanja“; predviđa se vrijeme kvara i reagira se malo prije kritičnog trenutka.
- Načelo „održavanja prema stanju“; stalno praćenje rada stroja te reagiranje prema potrebi.

Na temelju ovih načela postoje različite metode održavanja u različitim granama industrije i različito organiziranim poduzećima. [1][2]

1.1.2. Podjela održavanje prema izvoru financijskih sredstava

Održavanje možemo podijeliti i prema izvoru financijskih sredstava na:

- Tekuće i
- Investicijsko održavanje

Tekuće održavanje financira se iz tekućih sredstava poduzeća te se s njim financiraju popravci izvanrednih kvarova u sklopu korektivnog održavanja.

Investicijsko održavanje spada u preventivno održavanje koje se planira unaprijed pa se za to održavanje planiraju i troškovi. Prema tome investicijsko održavanje se financira iz investicijskih sredstava poduzeća. [3]

1.1.3. Podjela održavanje prema vremenu popravka

Također, održavanje možemo podijeliti prema vremenu popravka u odnosu na napredovanje kvara. Prema tome razlikujemo tri bitna oblika održavanja:

- Korektivno održavanje
- Preventivno plansko održavanje
- Preventivno održavanje prema stanju

Korektivno održavanje je takvo održavanje koje se temelji na načelu „kvar-popravak“ i najčešće su hitnog karaktera. Uklanja se samo osnovni kvar koji sprječava nastavak rada dok se ostali kvarovi popraćeni osnovnim popravljaju kasnije tijekom mirovanja stroja. [4]

Preventivno plansko održavanje je takvo održavanje kojim se sprječava nastanak kvara, odnosno unaprijed se planiraju popravci prema vijeku trajanja određenog stroja ili dijela stroja, uređaja. Svi strojni dijelovi kojima istječe vijek trajanja zamjenjuju se novim neovisno o njihovom stanju. [5]

Preventivno održavanje prema stanju je takvo održavanje pri kojim se konstantno vrši nadgledanje nad pojedinim čimbenicima kod stroja poput buke, vibracija, tlaka, temperature i dr. te se intervenira samo kada neki od čimbenika budu u alarmantnom stanju. [6]

1.2. LORENTZEN & WETTRE UREĐAJ ZA SAVIJANJE

1.2.1. Općenito o uređaju

Lorentzen & Wettre uređaj za testiranje savijanja mjeri otpor na savijanje i krutost na savijanje papira i kartona u skladu s relevantnim standardima. Uređaj može rezultat prikazati u Taber jedinicama za krutost i MD/CD omjer tj. omjer rezultata otpornosti papira u smjeru vlaknaca (MD) te u unakrsnom smjeru (CD). Također se može koristiti za mjerenje žljebljivosti uzorka uspoređujući rezultate uzorke prije i poslije žljebljenja.

Uređaj je vrlo jednostavan za korištenje. Očitavanja su prikazani s velikim jasnim znakovima na ekranu. Na kraju slijeda ispitivanja, statističkih izvješća, skupa s pojedinačnim očitanjima, ako je potrebno, ispisuje na ugrađenom pisaču. Prema potrebi, rezultati mogu biti poslani na računalo ili za dodatnu obradu ili na vanjski pisač.

Uređaj također može rezultate poslati na osobno računalo da bi se rezultati mogli prikazati u grafičkom obliku. U paketu s uređajem dolazi softverski program koji može pretvoriti rezultate ispitivanja u format koji je moguće otvoriti u Microsoft Excel-u.

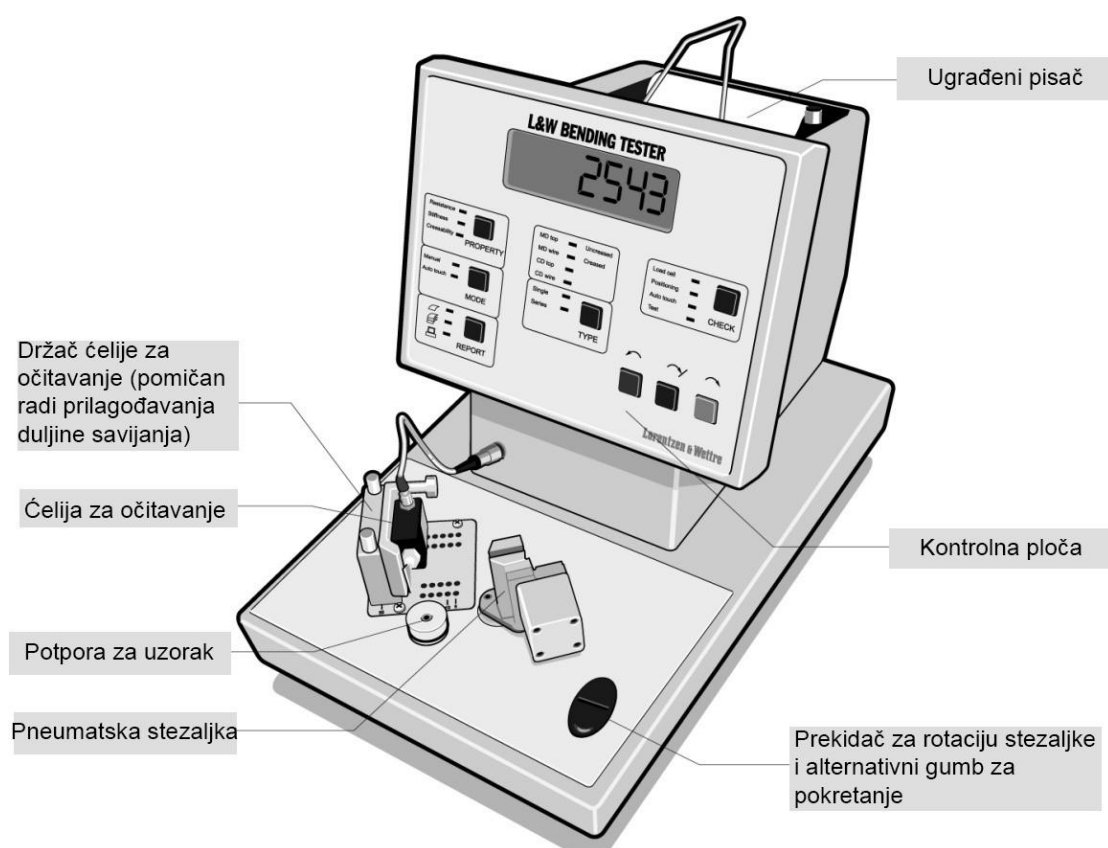
Uzorak se drži pomoću pneumatske stezaljke, time eliminiramo pogreške prilikom mjerenja uzrokovanih time da je uzorak stisnut prejako ili preslabo.

Duljina savijanja je određena udaljenosti između stezaljke i ćelije za očitavanje.

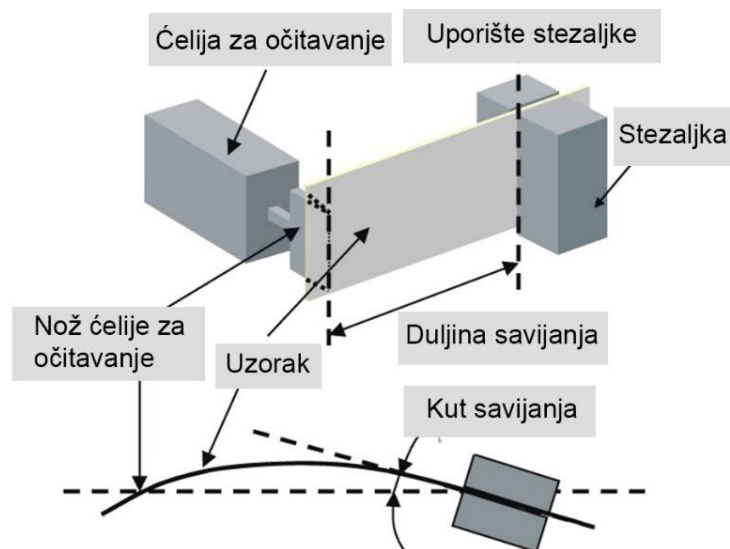
[7]

1.2.2. Tehnički opis

L&W uređaj za savijanje (Slika1) testiranje provodi pomoću noža ćelije koji je vrlo osjetljiv na silu i time mjeri otpor papira na savijanje.(Slika 2.) Također se sastoji od stražnjeg dijela s ulazima za napajanje, osobno računalo, pisač, komprimirani zrak te uzemljenje (Slika 3.); ćelije za očitavanje(Slika 4.) i ploče za odabir testiranja i ekranom za prikaz. (Slika 5.) [7]



Slika 1. L&W uređaj za savijanje [7]



Slika 2. Princip savijanja [7]

Otpor na savijanje

Rezultati se dobivaju u mN. Otpornost na savijanje se obično mjeri na otklon od 15°, ali rezultat se može mjeriti i u drugim kutovima. Ispitivanje otpora na savijanje također može pružiti i ispitivanje krutosti.

Tabar jedinice krutosti i omjer između MD i CD očitavanja se također može iščitati na konačnom izvješću. [7]

Krutost

Rezultati se izražaju u mNm.

Krutost se izračunava prema formuli (1):

$$S = \frac{60 \times F \times l^2}{\pi \times \alpha \times b} \quad (1)$$

S = Krutost, mNm

F = Sila savijanja, N

l = Duljina savijanja, mm

α = Kut savijanja, stupnjevi

b = Duljina uzorka, mm

Sljedeće vrijednosti se koriste prilikom mjerenja krutosti i one su konstantne :

- Kut savijanja (između 5 i 7.5)
- Duljina uzorka (38 mm)
- Duljina savijanja

Tabar jedinice krutosti i omjer između MD i CD očitavanja se također može iščitati na konačnom izvješću.

Otpornost na žljebljenje

Ovaj test mjeri ravne i žljebljene uzorke. Brzina savijanja je $4^{\circ}/s$ i kut savijanja je 90° .

Kad je postavljen, uzorak mora biti u kontaktu sa stezaljkom i potporom za uzorak.

Stezaljka mora imati podesivo stajalište kako bi se olakšalo postavljanje uzorka. Kada je test pokrenut, stezaljka se zatvara i potpora se spušta, da ostavi uzorak slobodno suspendiran. Ugrađeni, fiksni regulator komprimiranog zraka daje točni tlak za stezanje, 200 kPa (otprilike). Pokrenuti test se regulira pomoću *mode* opcije:

Ručno - koristi prekidač za rotiranje stezaljke, operator rotira stezaljku tako da uzorak tek bude u dodiru s nožem ćelije za očitavanje. Sila koja je korištena u tom trenutku bit će prikazana na ekranu i mora biti između 1 i 20 mN. Ovo čitanje će se oduzeti kad se izvješće generira pa neće imati utjecaj na završne rezultate.

Automatski - jednom kad se stezaljka zatvori i potpora spusti, stezaljka će se rotirati sve dok se dobivena sila ne prikaže na ekranu pomoću ćelije za očitavanje. U ovom trenutku, kut stezaljke je spremljen, ćelija za očitavanje se vraća u početni položaj i time je očitavanje završeno. [7]

1.2.3. Instalacija uređaja

Prije instalacije potrebno je provjeriti ispravnost uređaja. Raspakirani uređaj se pregledava kako bi se uočilo nedostaje li išta ili je možda koja stavka oštećena. Provjere se vrše prema specifikacijama isporuke.

Spajanje dovoda zraka

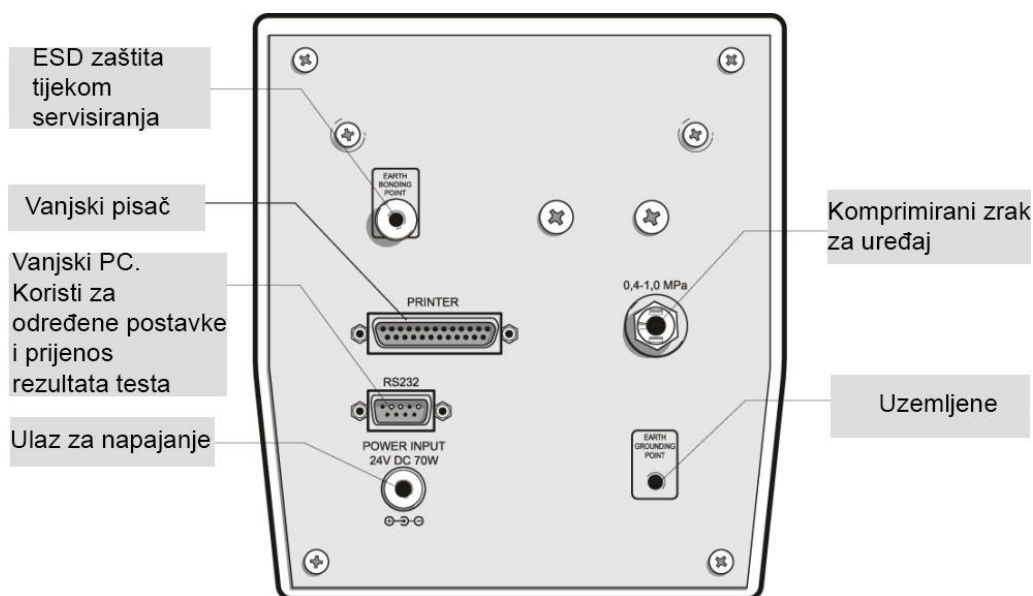
Dovod zraka spaja se na priključak sa stražnje strane uređaja. Zrak je čist, suh i komprimirani od 0,4 do 1,0 MPa

Ugrađen, fiksirani regulator komprimiranog zraka daje točni pritisak stezaljki, 200 kPa (otprilike).

Električno napajanje

Uređaj dobiva 24 V istosmjerne struje preko strujnog adaptera. Glavna napajanja: 100-240 V izmjenične struje, 50-60 Hz.

Kabel se priključuje u ulaz za napajanje i utičnicu. Koristi se isključivo LW strujni adapter. [7]



Slika 3. Stražnji dio L&W uređaja za savijanje [7]

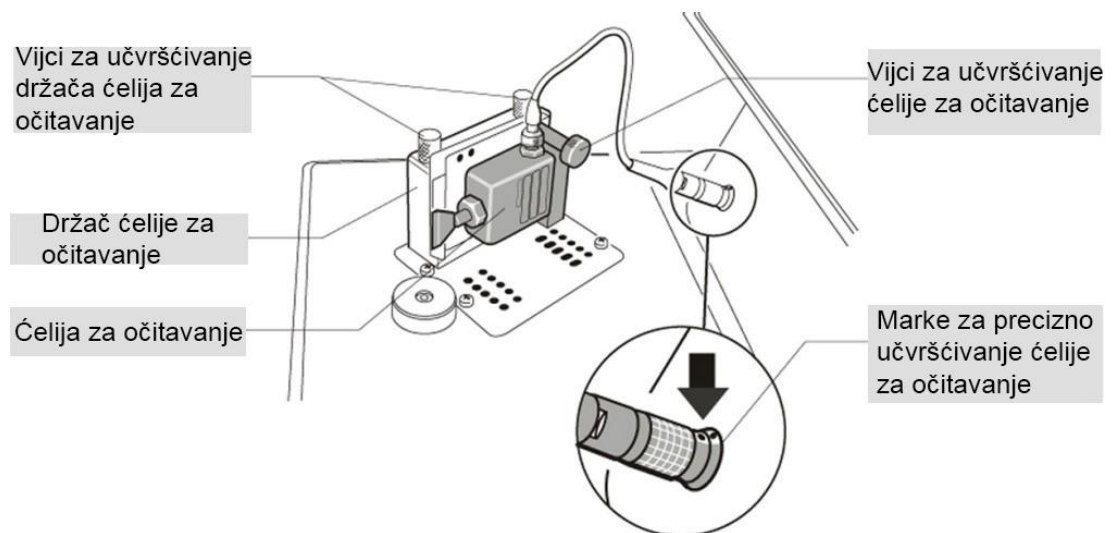
Ćelija za očitavanje

Duljina savijanja se postavlja na sljedeći način: Otpuštaju se i uklanjaju dva vijka za učvršćivanje držača ćelije za očitavanje.

Pažljivo se podiže držač i postavlja se na željeni položaj. (Crvena linija označava duljinu savijanja u mm.) Vijci se vraćaju te se moraju zategnuti.

Duljina savijanja koja se koristi u izračunu (zapisuje se na ispisu) za ispitivanje krutosti i otpornosti na žljebljenje je postavljena od strane vanjskog osobnog računala.

Provjerava se ćelija za očitavanje je li ispravno postavljena za željenu duljinu savijanja.. [7]



Slika 4. Ćelija za očitavanje

Printer rola

Obavezno je korištenje Lorentzen & Wettre pisače role jer korištenjem drugih rola papira, može doći do ozbiljnih oštećenja na pisaču.

Crvena oznaka na papiru označava da je rola pri kraju. Printer javlja da je rola pri kraju te se na ekranu javlja pogreška koda E 402.

1.2.4. Postavke

Neke postavke se mogu obavljati preko vanjskog osobnog računala. Popis tvorničkih postavki uključen je u dostavi. Neke opće postavke navedene su u Tablici 1.

Tablica 1. Opće postavke

Svojstvo	Kut savijanja	Duljina savijanja	Brzina savijanja
Savijanje	15°	50 mm	5 °/s
Krutost	5°	50 mm	5 °/s
Žljebljenje	90°	50 mm	45 °/s

Pri odбору automatskog načina rada, mjerenje počinje kad ćelija za očitavanje osjeti silu od 5 mN.

Prekidač za rotaciju stezaljke je onemogućen.

Pritiskom i zadržavanjem *report* tipke više od tri sekunde se postiže generacija svih trenutnih postavki (na ugrađenom printeru).

Prije nego se uređaj provjerava ili koristi, mora ga se ostaviti da stoji uključen najmanje pola sata da bi se dalo vremena struji da se stabilizira.

Pretpostavka je da je uređaj već postavljen na sobnoj temperaturi. [7]

Odabir svojstva testiranja

Kao što je ranije nabrojano, uređaj podržava testiranje savijanja, krutosti te žljebljenja. U Tablici 2. objašnjeno je što koji test podrazumijeva. Za odabir željenog testa koristi se tipka *property*. Pritiskom se izabire način testiranja.

Tablica 2. Testovi savijanja, krutosti te žljebljenja

Savijanje (<i>Resistance</i>)	Uređaj mjeri otpornost uzorka na savijanje i prikazuje ga na ekranu
Krutost (<i>Stiffness</i>)	Uređaj mjeri krutost uzorka i prikazuje ga na ekranu
Žljebljenje (<i>Creasability</i>)	Uređaj mjeri faktor žljebljivosti (savitljivosti) te ga prikazuje na ekranu


Kada se vrši ispitivanje otpornosti na savijanje, krutost i Tabar jedinice za krutost se također mogu zapisati na pisaču. Isto tako, kada se ispituje krutost, Tabar jedinice za krutost mogu se zapisati na pisaču. Kada se testira i otpornost na savijanje i krutost, MD-CD omjer se također može zapisati kao kvocijent i geometrijska srednja vrijednost. Ove funkcije su aktivne na osobnom računalu.
[7]


Odabir načina rada

Kao što je ranije nabrojano, uređaj je u mogućnosti testiranje vršiti ručno i automatski. U Tablici 3. objašnjeno je što koji test podrazumijeva. Za odabir željenog testa koristi se tipka *mode*. Pritiskom se izabire način testiranja.


Tablica 3. Način rada

Ručno (Manual)	Prije početka testa, rotirati stezaljku da uzorak bude tek u dodiru sa čelijom za očitavanje.
Automatski (Auto touch)	Kada test počne, stezaljka će se rotirati sve dok ćelija za očitavanje ne osjeti malu silu (određeno na računalu), kad se to dogodi stezaljka se nastavlja okretati s određenom brzinom.

Ručno - uzorak se postavlja između stezaljke i potpore. Pritiskom  ili na njihači prekidač (za rotiranje stezaljke) uzorak se pomiče blizu stezaljke i potpora se spušta. Koristeći njihači prekidač, stezaljka se rotira do te granice da uzorak samo dodiruje rubove ćelije za očitavanje sa utjecajem male sile (3-20 mN) koja je prikazana na ekranu. Ta sila će biti oduzeta pri generiranju rezultata i neće imati utjecaja na konačni rezultat testiranja.

Pritiskom  se pokreće test.

Korištenjem daljeg kraja njihačeg prekidača se pomiče stezaljka (i uzorak) bliže ćeliji za očitavanje, a korištenjem bližeg kraja njihačeg prekidača stezaljka (i uzorak) se udaljavaju od ćelije za očitavanje (obrnuto od smjera kazaljke na satu). Brzina kretanja kazaljke ovisi o tome kolikom jačinom pritišćemo njihači prekidač.




Automatski- uzorak se postavlja između stezaljke i potpore. Test se pokreće pritiskom na  tipku ili na njihači prekidač. Stezaljka se zatvara, potpora se otpušta, i stezaljka se rotira sve dok se definirana sila ne aplicira na ćeliju za očitavanje.

U ovom trenutku, kut stezaljke je zapisan i test se pokreće. [7]

Odabir načina izvještaja

Za odabir načina izvještavanja koristi se tipka *report*. Pritiskom na istu se odabire željeni način izvještavanja. U Tablici 4. prikazani su mogućnosti ispisa.

Tablica 4. Mogućnosti ispisa

	Statistički izvještaj-ispisan nakon niza testova
	Zasebni izvještaji ispisani odmah. Cijela statistika se ispisuje nakon kraja niza testova. Ako je uključen u računalo, zasebna izvješća se šalju na njega.
	Zasebna čitanja se šalju na računalo. Ako je ova opcija odabrana ali računalo nije uključeno, očitavanja na ekranu ekranu će zabljesnuti.

Odabir načina testa

Pritiskom na tipku *type* se odabire način provođenja testa. U Tablici 5. prikazani su mogući načini provođenja testa.

Tablica 5- Odabir provođenja testa

Pojedinačno (<i>Single</i>)	Koristi se za zasebna izvješća koja ne zahtijevaju detalje o smjeru vlakanaca (MD) ili unakrsnom smjeru (CD) od normalnog savijanja prema vrhu ili strani gdje se uzorak pričvršćen.
Niz testova (<i>Series</i>)	Koristiti se za niz testiranja u kojima je uzorak uzet s obje strane papira u smjeru vlakanaca i unakrsno testirane i savijene prema vrhu i sa strane gdje je uzorak pričvršćen. Također se koristi za testiranje žljebljenosti uzorka.

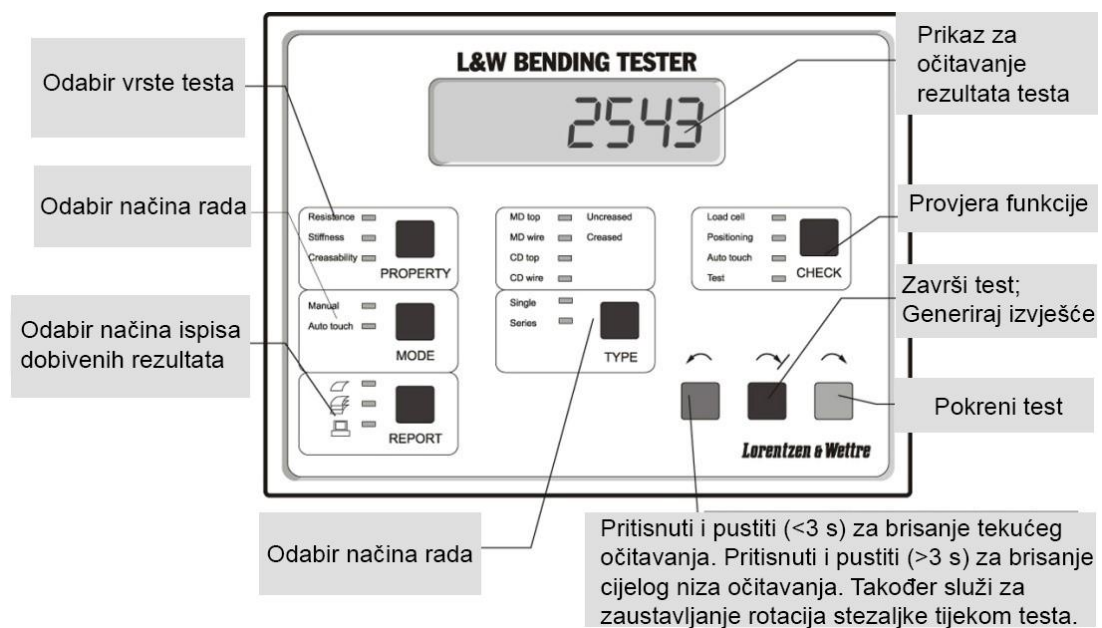
Kada je odabran niz testova (*Series*), broj testova u nizu je odabran preko osobnog računala. To znači da će se nakon što završe svi testovi u nizu, testiranje se automatski prekine. S druge strane test se ručno prekida pritiskom na tipku ↶.

Odabir duljine savijanja

Duljina savijanja podrazumijeva duljinu između oslonca stezaljke i noža ćelije za očitavanje. Postavlja se tako da se otpuste i uklone dva vijka za učvršćivanje držača ćelije za očitavanje. Kada je držač slobodan moguće ga je postaviti u željeni položaj. Obzirom da se radi o osjetljivom dijelu poželjno je da se pažljivo rukuje držačem. Kada je držat na odabranoj poziciji, vijci se vrata i zategnu.

Duljina savijanja koja se koristi u izračunu (zapisuje se na ispisu) za ispitivanje krutosti i otpornosti na žljebljenje je postavljena od strane vanjskog osobnog računala.

Provjerava se dali je ćelija za očitavanje postavljena ispravno za željenu duljinu savijanja. [7]



Slika 5. Ploča za odabir testiranja i ekran [7]

1.2.5. Pokretanje testa

Pri pokretanju željenog testa potrebno je provjeriti je li *check* opcija isključena. Ukoliko nije, istu je potrebno isključiti za pravilan nastavak rada.



Provjerava se koji je način testa i način izvještaja odabran. Neke postavke se programiraju samo preko vanjskog računala. Pritiskom na tipku *report* i zadržavanjem više od tri sekunde se generira ispis (na ugrađen pisač) svih trenutnih postavki.

Stezaljka ima podesivo zaustavljanje da bi olakšalo umetanje uzorka.


Tijekom testa, broj testova u nizu, zajedno s dvije crte će zabljesnuti na ekranu.

Nakon svakog pojedinačnog ispitivanja, očitavanje će biti prikazano na ekranu.

Ako test nije odobren, očitavanja se mogu izbrisati. To se učini pritiskom i

otpuštanjem  prije početka sljedećeg testa. Pritiskom  više puta se briše više očitavanja jedno za drugim.


Za brisanje cijelog niza testova, se pritisne i zadrži  najmanje tri sekunde.

Ako dođe do preopterećenja ćelije za očitavanje stezaljka se zaustavlja. Greška koda E 220 bit će prikazana na ekranu. Test se poništava pritiskom na 

Test savijanja i krutosti- pojedinačan (single) način

Ako se želi testirati savijanje i krutost na pojedinačan način prvo se provjerava da li je izabrana upravo ta opcija.

Test se pokreće nakon što se uzorak stavi u stezaljku i na potporu za uzorak.

Napravi se određen broj testova i pritiskom  se završava test. Sažetak rezultata testa će sad biti ispisane. [7]

Test savijanja i krutosti- način sa nizom ispitivanja (series)

Ovaj način omogućava očitavanje rezultata za uzorke u smjeru vlaknaca i u unakrsnom smjeru, i pregib prema vrhu i sa strane gdje je uzorak zakačen, da se ispišu odvojeno. Test će pokrenuti četiri pod niza.

Provjeriti dali je odabran niz ispitivanja (*series*).

1. Postavlja se prvi uzorak MD (u smjeru vlaknaca), u kontakt s potporom, i s vrhom okrenutim od ćelije za očitavanje.

Odabire se način rada. Ponavlja se proceduru za sve ostale uzorke.

Na kraju svih pod nizova (ako automatsko zaustavljanje nije uključeno) pritisnuti



Test #3 odbijen	*****					Savijanje i krutost MD na vrhu
	L&W Bending Tester					
	-Resistance & Stiffness MD top-					
	Angle	0-5°	0-7.5°	0-15°	0-30°	0-5°
	#1	121	178	0	0	30.5
	#2	121	179	0	0	30.4
	#3	54.2	67.3	0	0	14.3
	-----Test rejected-----					
	#3	120	179	0	0	30.3
	#4	115	171	0	0	29.0
Savijanje na 5°	-Resistance & Stiffness MD wire-					
	Angle	0-5°	0-7.5°	0-15°	0-30°	0-5°
	#5	118	176	0	0	29.7
	#6	119	177	0	0	30.0
	#7	120	179	0	0	30.2
	#8	125	188	0	0	31.5
	*****					Savijanje i krutost MD na vrhu
						Savijanje i krutost MD na pričvršćenoj strani
						Krutost na 5°

Slika 6. Primjer ispisanih pod nizova [7]

2. Pokreće se test sa sljedećom serijom MD uzoraka, ali ovaj put sa stranom obrnutom od prethodnog testiranja. Završavanje pod nizova se provodi na isti način kao u prethodnom nizu.

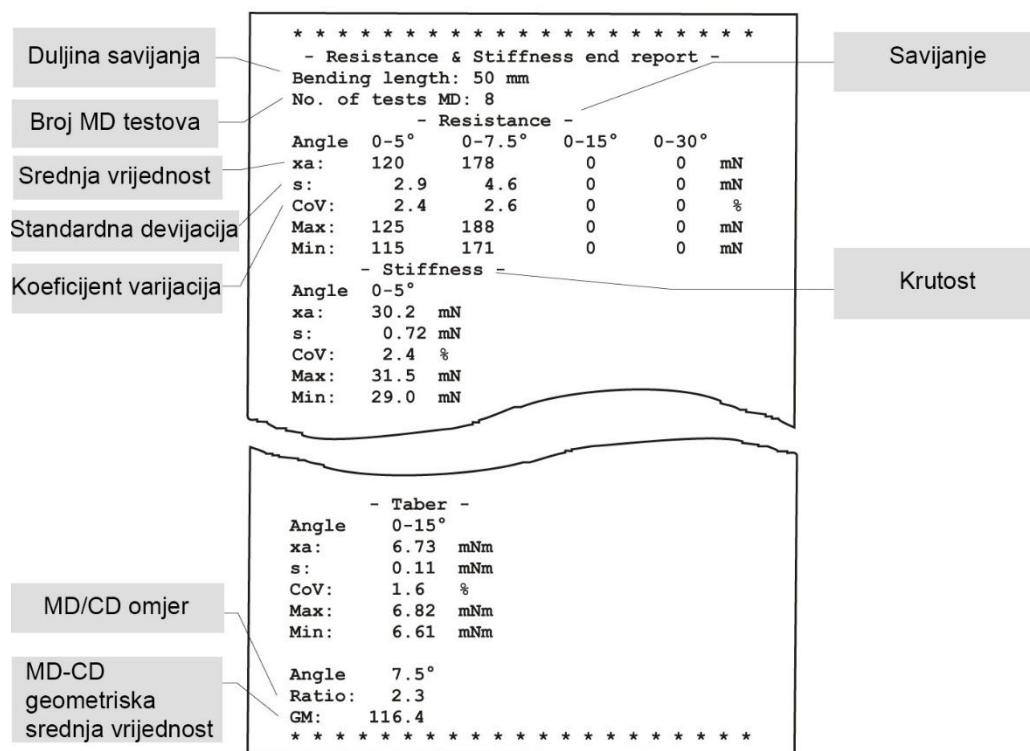
3. Nastaviti testiranje, ovaj put se koristi uzorak unakrsnim smjerom (CD), prvo s vrhom okrenutim od ćelije za očitavanje, a zatim sa stranom obrnutom od prethodnog testiranja.

Nakon završetka svih pod nizova, završno izvješće će biti ispisano sa rezultatima za MD i CD uzorke.

4. Ukoliko je bilo odabrano izvješće za Tabar te MD/CD omjer, sve će biti uključeno u završno izvješće. (Slika 7)

5. Preskakanje bilo kojeg od nizova se provodi pritiskom na ↶

Na primjer, pod niz za MD za zakačenu stranu i pod niz CD za zakačenu stranu će se ukloniti postavljanjem da je broj testova 0 preko *System Assistant* programa. [7]



Slika 7. Primjer završnog ispisa u načinu niza ispitivanja [7]


Test žljebljivosti



Test žljebljivosti se odnosi na dva pod niza u kojima se promatra uzorke prije i poslije žljebljenja.

Ako se žele dobiti izvješća koja sadrže grafove uređaj mora biti uključen u računalo. Test žljebljivosti je onemogućen ako broj ponavljanja za taj test stavi 0 pomoću System Assistant programom.

Provjerava se dali je uključena opcija za test žljebljenja (*Creasability*), i dali je odabrana opcija niza ispitivanja.

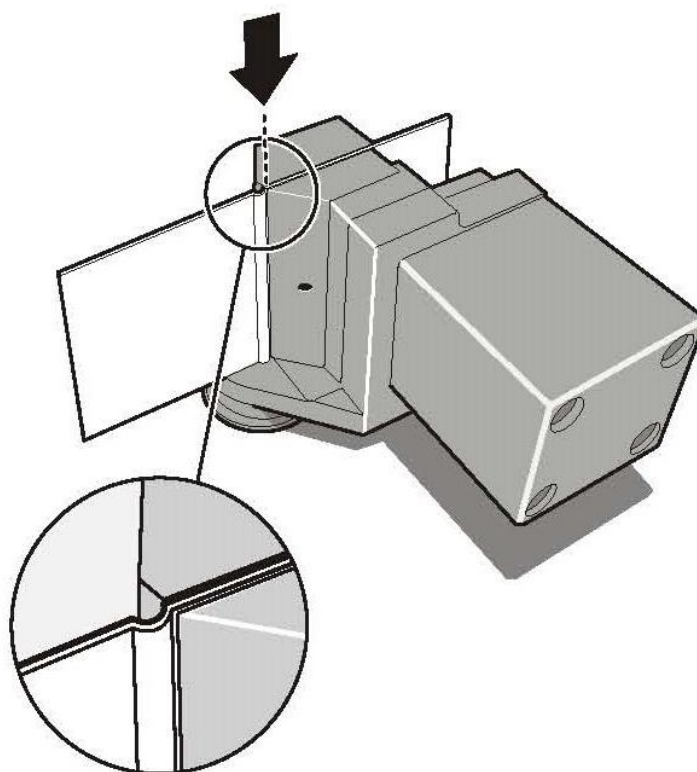
Provjerava se dali je duljina savijanja (pozicija držača ćelije za očitavanje) u skladu s odabranom duljinom na računalu. Ako nije, očitavanja neće biti valjana. Da bi se generirao ispis sa svim trenutnim postavkama uređaja potrebno je pritisnuti i zadržati *report* tipku najmanje tri sekunde.

1. Postavlja se prvi ravan uzorak u stezaljku i u dodir s potporom. Zatvora se stezaljka pritiskom na .

Pritiskom ponovo na  za početak testa u odabranom načinu rada. Provodi se testiranje za sve ravne uzorke, i pritiskom na  se završava pod niz (ako nije uključeno automatsko zaustavljanje). Pod izvješće će se ispisati.

2. Postavlja se prvi žljebljeni uzorak u stezaljku i u kontakt s potporom. Pozicionira se precizno da se osigura da je žlijeb paralelan stezaljki i što bliže postavljen njoj. (Slika 8)
Podesivo zaustavljanje stezaljke pojednostavljuje uzdužno pozicioniranje žljebljenog uzorka.

Stezaljka se zatvara pritiskom na .



Slika 8. Pravilno postavljanje žljebljenog uzorka [7]

3. Ako žlijeb postanu neujednačeni kad se stezaljka zatvori, pritiskom ↶ se stezaljka opet otvara. Poravnati uzorke, pritiskom ↷ se stezaljka opet zatvara i pokreće se test.

4. Test ponoviti sa ostalima žljebljenim uzorcima do kraja niza testova. Ispis rezultata testova za žljebljene uzorke će sad biti generirani. [7]

1.2.6. Pregled i održavanje

Servis

Uređaj je potrebno održavati čistim i bez da se u njemu nalazi prašine, papira itd., i koristi ugrađene provjere funkcija u redovitim intervalima.

Pregled

Ugrađene funkcije mogu provoditi sljedeće provjere:

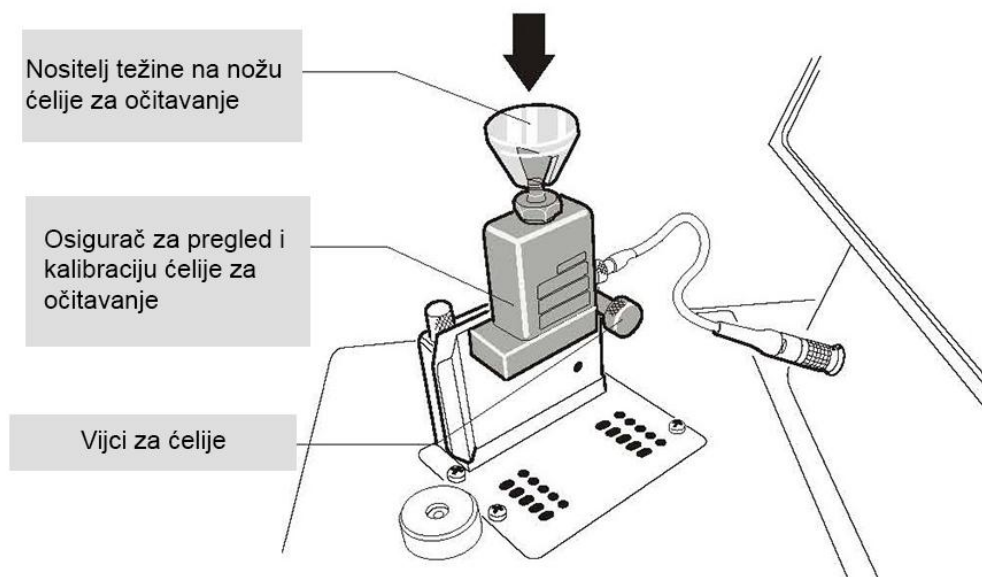
- Linearnost ćelije za očitavanje
- Ugrađena mogućnost za snimanje otklona kuta
- Jačinu sile ako je aktivan automatski način rada
- Auto dijagnostičko testiranje nekih ugrađenih funkcija i brzinu rotiranja stezaljke

Izvješće je ispisano nakon svake provjere. [7]



Provjera ćelije za očitavanje

Ćeliju za očitavanje potrebnog je pažljivo tretirati. Izbjegavati dirati senzor noža, jer se tako može oštetiti ćelija za očitavanje.

1. Pritisnuti *check* tipku- da označeno bude ćelija za očitavanje (*Load cell*).
Uklanjanju se vijci na ćeliji. Postavlja se ćelija uspravno te se vraćaju vijci natrag.







Slika 9. Provjera ćelije za očitavanje [7]

2. Pažljivo se postavlja nositelj težine na vrh noža ćelije za očitavanje. Napomena da je mali uzor na nosaču pomaknut iz centra. Okrenuti nosač težine tako je centar odmah iznad vratila ćelije za očitavanje. (slika 9)
3. Pritiskom na  se resetira ekrana na nulu. Očitavanje sile će se sad prikazivati kontinuirano.
4. Jako pažljivo, stavlja se određena težina na nosač. Odabire se, primjerice, 10 i 200 grama težine i jednu ili dvije težine između. Primijeti silu na ekranu. Trebala bi biti ekvivalentna masi koja je stavljena u gramima puta $9.81 \text{ mN} \pm 2\%$.
5. Pritiskom na  se zatvaraju funkcije. Postavlja se ćelija za očitavanje ponovno u horizontalni položaj. [7]




Provjera kutova otklona

Uklanja se ćelija za očitavanje sa montaže.

1. Pritiskom *check* tipke odabire se pozicioniranje (*Positoning*).
2. Pritiskom na  – stezaljka se sad zatvara i rotira do nulte pozicije.
3. Pritiskom na  se dodatno pomiče kut otklona stezaljke. Na ekranu se prikazuje kut i stezaljka se zaustavlja. Korištenjem nakošenog trokuta ili nečeg slično da bi se provjerio kut između vanjskog dijela stezaljke i držača ćelije za očitavanje.
4. Pritiskom  se završava provjera kraj i onda  za zatvaranje funkcije. [4]



Provjera automatskog načina rada

Korištenjem ove funkcije provjerava se sila koja se nalazi pri određenom kutu otklona kada je uređaj stavljen na automatski način rada..

1. Pritiskom na *check* tipku se izabire automatski način rada (*Autotouch*).
2. Postavljanje uzoraka u stezaljku.
3. Pritiskom na , stezaljka se zatvara i potpora spušta. Stezaljka će se rotirati sve dok ćelija za očitavanje ne osjeti silu. Očitavanje će biti prikazano na ekranu.
4. Pritiskom na  se završava provjere i onda  za završetak funkcije.
Stezaljka će se sad vratiti na početnu poziciju i otvora se da bi uklonili uzorak.
[7]

Auto dijagnostika

Auto dijagnostika provjerava neke interne funkcije, naime, A/D vrijednost opterećenja ćelije i njihaćeg prekidača te brzinu rotacije stezaljke.

1. Pritiskom na *check* tipku se odabire auto dijagnostiku (*Autodiagnosics*).
2. Pritiskom na  se pokreće auto dijagnostički test na interne funkcije; također se rotira stezaljka i provjerava dvije brzine rotiranja. Ako snimljena brzina nije specifična, mjerenje se pokreću ponovo još dva puta. Operator može pokrenuti test s prilagođenom brzinom pritiskom na .
3. Nakon završetka testa, bilo da je provjera odmah zadovoljavajuća ili se išlo na ponavljanje, sve će biti prikazano na ekranu.
4. Pritiskom na *check* se završava funkcija i izvještaj se generira na ugrađeni pisač. [7]

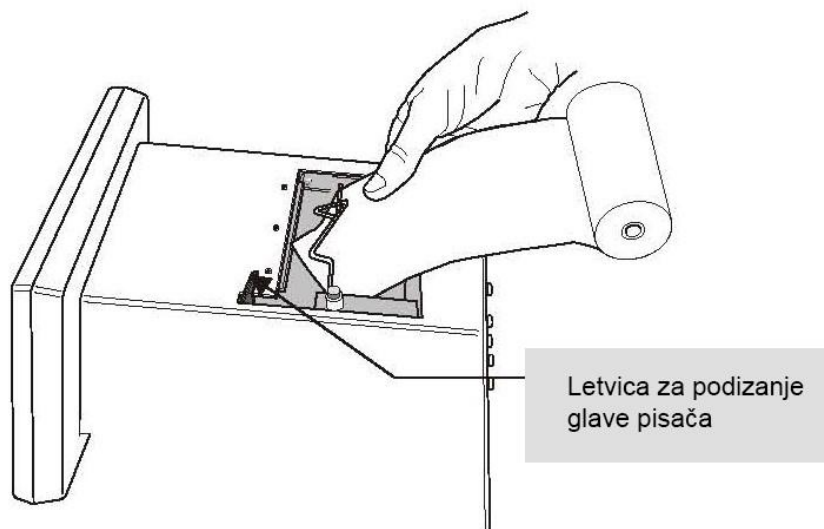
1.2.7. Stavljanje role papira u pisač

Obavezno je korištenje Lorentzen & Wettre pisače role jer korištenjem drugih rola papira, može doći do ozbiljnih oštećenja na pisaču.

Crvena oznaka na papiru označuje da je rola pri kraju. Printer javlja da je rola pri kraju te se na ekranu javlja pogreška koda E 402.

1. Postavljanje papira u printer.

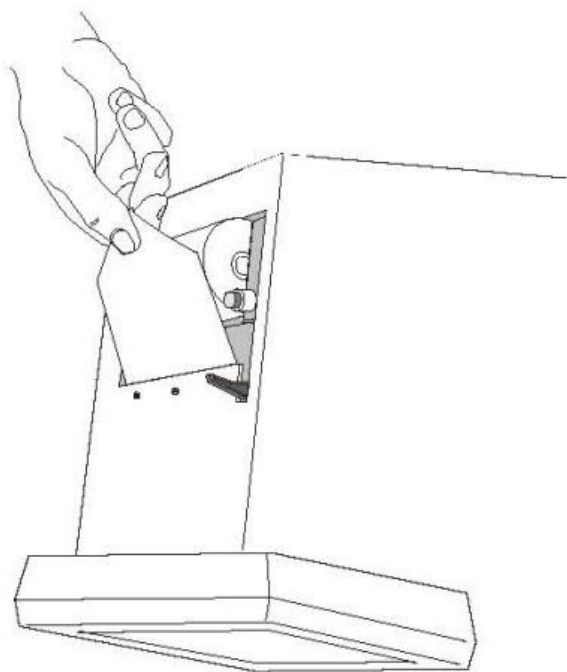
2. Izreže se prednji rub papira da se dobije tupi kut. (slika 10) Spuštanje poluge prema dolje tako da podiže glavu pisača.



Slika 10. Umetanje papira [7]

3. Umetanje prednjeg ruba papira pod ulagač i gumeni cilindar. Stavljanje role u pisač.

4. Papir se povlači i poravnava da bude ravan prilikom ulaska u pisač. Spušta se letvica prema dolje na glavu pisača. (slika 11) [7]



Slika 11. Postavljeni papir [7]

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Uvjeti za testiranje

U eksperimentalnom dijelu odrađen je test otpornosti na savijanje papira od kojih su sastavljene odabrane valovite ljepenke.

Testiranja su provedena prema ISO standardima za otpornost na savijanje ISO 2493 *Determination of resistance to bending*.

Također moraju biti zadovoljeni uvjeti u prostoriji u kojima se provodi mjerenje, tj. uzorci moraju biti kondicionirani u skladu s EN 20 187 (temperatura zraka $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ te relativna vlažnost $50\% \pm 2\%$). [8]

2.2. Korišteni uzorci

Kao uzorci uzeti su sljedeći papiri:

- 140 g/m²
- 150 g/m²
- 170 g/m²
- 180 g/m²

od kojih su sastavljanje sljedeće valovite ljepenke :

- 242S (170 liner, 150 medium, 140 liner)
- 276LK (180 bijeli liner lux/ 150 medium/ 170 liner). (Slika 12)

Svaka vrsta papira se izreže deset puta na standardnu veličinu uzorka širine 38 mm te duljine 80 mm što se napravi pomoću posebnog uređaja za rezanje uzoraka Lorentzen & Wettre (Slika 13). Treba napomenuti da duljina savijanja nije 80 mm već 50 mm radi hvataljke koje uhvate uzorak. [9]



Slika 12. Uzorci



Slika 13. L&W uređaj za izrezivanje uzorka [9]

2.3. Mjerenja

Mjerenja su rađena na papiru prema njegovoj poprečnoj strani odnosno obrnuto od smjera vlakanaca (CD smjer). Treba napomenuti da papir ima veću silu u smjeru vlakanaca.

Rezultati su mjereni u mN.

Prvo su odrađena mjerenja papira za valovitu ljepenu 242S (170 liner, 150 medium, 140 liner) , te su dobiveni sljedeći rezultati prikazani u Tablici 6. Tablici 7. i Tablici 8.

170 g/m² (vanjski sloj)

Tablica 6. Rezultati mjerenja otpornosti na savijanje papira gramature 170 g/m²

No\Kut	0-5°	0-7,5°	0-15°
1	9,54	11,8	21,4
2	8,80	11,8	20,7
3	8,90	11,8	21,0
4	9,23	11,9	21,2
5	9,54	11,8	21,4
6	8,80	11,5	21,1
7	8,94	11,7	21,3
8	9,23	11,9	21,2
9	8,78	11,6	21,3
10	8,80	11,8	20,7
\bar{x}	9,06	11,76	21,13
σ	0,29	0,12	0,25

Iz odrađenih mjerenja dobiva se srednja vrijednost koja je kod savijanju do 5° jednaka 9,06 mN te se dobiva standardna devijacija od 0,29 mN.

Odnosno kod kuta od 7.5° srednja vrijednost je 11,76 mN a standardna devijacija 0,12 mN isto tako kod kuta od 15° izračunato je da je srednja vrijednost 21,13 mN i standardna devijacija 0,25 mN.

150 g/m² (unutarnji sloj)

Tablica 7. Rezultati mjerenja otpornosti na savijanje papira gramature 150 g/m²

No\Kut	0-5°	0-7,5°	0-15°
1	9,17	11,6	19,6
2	7,31	9,17	17,0
3	10,8	13,5	20,6
4	9,54	12,5	21,4
5	8,87	10,4	18,3
6	9,17	11,6	19,6
7	9,54	12,5	21,4
8	11,4	14,2	21,7
9	7,31	9,17	17,2
10	10,7	13,4	20,4
\bar{x}	9,38	11,80	19,72
σ	1,30	1,68	1,63

Iz odrađenih mjerenja prikazanih u Tablici 7. dobiva se srednja vrijednost koja je kod savijanju do 5° jednaka 9,38 mN te se dobiva standardna devijacija od 1,30 mN.

Odnosno kod kuta od 7.5° srednja vrijednost je 11,80 mN a standardna devijacija 1,68 mN isto tako kod kuta od 15° izračunato je da je srednja vrijednost 19,72 mN i standardna devijacija 1,63 mN.

140 g/m² (vanjski sloj)

Tablica 8. Rezultati mjerenja otpornosti na savijanje papira gramature 140 g/m²

No\Kut	0-5°	0-7,5°	0-15°
1	6,44	8,80	13,5
2	8,43	9,91	15,1
3	7,31	9,29	14,6
4	8,67	9,42	15,1
5	6,44	8,43	12,9
6	7,31	9,29	13,6
7	7,19	9,17	14,2
8	8,43	9,66	15,9
9	6,82	8,80	13,9
10	6,94	8,43	14,0
\bar{x}	7,40	9,12	14,28
σ	0,79	0,47	0,85

Iz odrađenih mjerenja iz Tablice 8. dobiva se srednja vrijednost koja je kod savijanju do 5° jednaka 7,40 mN te se dobiva standardna devijacija od 0,79 mN. Odnosno kod kuta od 7.5° srednja vrijednost je 9,12 mN a standardna devijacija 0,47 mN isto tako kod kuta od 15° izračunato je da je srednja vrijednost 14,28 mN i standardna devijacija 0,85 mN.

Dobivenim rezultatima se može izračunati približnu silu kojom se valovita ljepjenka 242S odupire savijanju. To se može dobiti zbrojem srednjih vrijednosti otpornosti svakog papira posebno:

$$21,13+19,22+14,28 = 54,63 \text{ mN}$$

Zatim su rađena mjerenja za papire valovite ljepenke 276 LK, te su dobiveni sljedeći rezultati:

180 g/m² (vanjski sjajni sloj)

Tablica 9. Rezultati mjerenja otpornosti na savijanje papira gramature 180 g/m²

No\Kut	0-5°	0-7,5°	0-15°
1	7,31	10,3	15,9
2	6,50	8,43	15,1
3	7,12	10,1	15,8
4	7,41	10,4	16,0
5	6,62	8,54	15,2
6	6,75	8,62	15,3
7	7,14	10,4	15,9
8	7,31	10,3	15,9
9	6,66	8,59	15,3
10	7,49	10,5	16,2
\bar{x}	7,03	9,62	15,66
σ	0,35	0,88	0,37

Iz odrađenih mjerenja prikazanih u Tablici 9. dobiva se srednja vrijednost koja je kod savijanju do 5° jednaka 7,03 mN te se dobiva standardna devijacija od 0,35 mN.

Odnosno kod kuta od 7.5° srednja vrijednost je 9,62 mN a standardna devijacija 0,88 mN isto tako kod kuta od 15° izračunato je da je srednja vrijednost 15,66 mN i standardna devijacija 0,37 mN.

150 g/m² (unutarnji sloj)

Tablica 10. Rezultati mjerenja otpornosti na savijanje papira gramature 150 g/m²

No\Kut	0-5°	0-7,5°	0-15°
1	10,2	12,5	21,8
2	7,93	10,7	17,3
3	10,71	13,1	21,4
4	8,80	10,2	16,9
5	9,54	12,0	19,9
6	7,58	10,9	15,9
7	7,31	8,30	14,6
8	9,54	11,0	18,1
9	8,80	11,6	18,8
10	9,17	11,3	17,3
\bar{x}	9,96	11,16	18,20
σ	1,05	1,26	2,19

Iz odrađenih mjerenja prikazanih u Tablici 10. dobiva se srednja vrijednost koja je kod savijanju do 5° jednaka 9,96 mN te se dobiva standardna devijacija od 1,05 mN.

Odnosno kod kuta od 7.5° srednja vrijednost je 11,16 mN a standardna devijacija 1,26 mN isto tako kod kuta od 15° izračunato je da je srednja vrijednost 18,20 mN i standardna devijacija 2,19 mN.

170 g/m² (vanjski sloj)

Tablica 11. Rezultati mjerenja otpornosti na savijanje papira gramature 170 g/m²

No\Kut	0-5°	0-7,5°	0-15°
1	8,80	11,8	20,7
2	10,7	14,0	23,5
3	11,4	14,7	24,3
4	12,4	16,6	26,6
5	10,7	14,0	23,7
6	6,94	9,54	17,0
7	8,05	10,3	18,1
8	9,54	12,8	21,1
9	8,67	12,5	19,5
10	9,54	12,0	20,3
\bar{x}	9,67	12,82	21,48
σ	1,56	1,99	2,82

Iz odrađenih mjerenja prikazanih u Tablici 11. dobiva se srednja vrijednost koja je kod savijanju do 5° jednaka 9,67 mN te se dobiva standardna devijacija od 1,56 mN.

Odnosno kod kuta od 7.5° srednja vrijednost je 12,82 mN a standardna devijacija 1,99 mN isto tako kod kuta od 15° izračunato je da je srednja vrijednost 21,48 mN i standardna devijacija 2,82 mN.

Dobivenim rezultatima se može izračunati približna sila kojom se valovita ljepjenka 276 LK odupire savijanju. To se dobiva zbrojem srednjih vrijednosti otpornosti svakog papira posebno:

$$21,5+18,7+15,66 = 55,86 \text{ mN}$$

Iz rezultata se vidi da valovita ljepjenka 276 LK ima veću otpornost na savijanje od valovite ljepenke 242 S i to za 1,23 mN.

3. ZAKLJUČAK

Lorentzen & Wettre uređaj za testiranje savijanja je laboratorijski uređaj koji vjerojatno zbog neispravnog stanja neće izazvati zastoje proizvodnje.

Laboratorijska oprema se pregledava obavezno prema uputama proizvođača. Unatoč tome ne treba nikako zanemariti kvalitetno održavanje i rukovanje, jer njegov kvar prilikom nestručnog i nepažljivog rukovanja može izazvati velike troškove uklanjanja izazvanog kvara. Posebno treba paziti na najosjetljivije dijelove uređaja što je u ovom slučaju nož za očitavanje.

Kao što je za pretpostaviti, Lorentzen & Wettre uređaj za testiranje savijanja nije uređaj nad kojim se konstantno treba obavljati održavanje. Za njega se preporuča održavanje po principu „nakon uporabe uređaj ostaviti u stanju kakvo je imao prije testiranja uzoraka“, odnosno koristiti će se korektivno održavanje koje uklanja eventualno nastali kvar te radi na principu „kvar-popravlak“.

Što se tiče održavanja prema izvoru financijskih sredstava koristiti će se tekuće održavanje koje se financira iz tekućih sredstava poduzeća u popravcima iznenadnih kvarova. Ovdje u troškove treba ukalkulirati i kalibraciju uređaja. Frekvencija postupka kalibracije ovisi o načinu rukovanja i količini testiranih uzoraka.

Kako se radi o laboratorijskoj opremi nema potrebe za organiziranom službom unutar poduzeća koja će se isključivo baviti održavanjem ovog uređaja. Koristiti će se kooperativno održavanje koje se provodi na način da održavanje obavlja licencirana osoba za održavanje opreme ovog proizvođača uređaja.

4. LITERATURA

1. Emil Rejec: Terotehnologija-Suvremena organizacija održavanja sredstava, Informator, Zagreb, 1974
2. Praktičar 2, poglavlje: Održavanje (Dušan Radošević), Školska knjiga, Zagreb, 1972
3. ***www.pfst.hr/uploads/OBvjezbe8_zahvati.ppt, 20.6.2015
4. L.C.Morow: Maintenance Engineering Hand Book, Mc Graw Hill, New York 1952
5. A. Vila: Organizacija plansko preventivnog održavanja, Zavod za unapređenje produktivnosti rada, Zagreb, 1964
6. Belak S. (2006). Terotehnologija, Šibenik
7. ***<http://l-w.com/home/>, 20.6.2015.
8. ***http://www.fefco.org/sites/default/files/documents/Standards_World_standards_-_Comparison_FEFCO-EN-ISO-TAPPI_.pdf
9. Lorentzen & Wettre Handbook: Pulp and paper testing; Edita, Sweden, 2011